



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной механики

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Нелинейные задачи строительной механики

направление подготовки/специальность 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Строительство подземных сооружений

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются приобретение знаний о принципах и методах расчета строительных конструкций на заданные нагрузки с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейности; создание теоретической базы для последующего самостоятельного освоения профессиональной научной и технической информации в области прочности, устойчивости и жесткости инженерных сооружений и конструкций как нелинейно деформируемых систем; умение выбирать методы расчёта нелинейно деформируемых систем, соответствующие содержанию решаемых инженерных задач, рационально использовать компьютерные программно-вычислительные средства.

Задачами дисциплины являются: получение представления о современном состоянии теории и методов расчета сооружений и строительных конструкций с учётом физической, геометрической и конструктивной нелинейностей;

ознакомление с постановками задач расчета строительных конструкций, основными методами решения нелинейных задач расчета конструкций и сооружений; овладение навыками расчета строительных конструкций при условии нелинейной работы материала, расчета по деформированному состоянию и учета конструктивной нелинейности; умение выбора расчетных схем и проведения практических расчетов строительных конструкций по предельному состоянию, анализа работы конструкции за пределами упругости; приобретение навыков нелинейных расчетов строительных конструкций с помощью современных программно-вычислительных комплексов.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
--------------------------------	--	--

<p>ПК-1 Способен организовывать процесс выполнения и контроля проектных работ, проведения согласования, экспертизы и сдачи документации техническому заказчику</p>	<p>ПК-1.6 Применяет основные вероятностные методы строительной механики и теории надежности строительных конструкций в процессе проектирования и расчета подземных сооружений</p>	<p><b>знает</b> основные положения и принципы нелинейной строительной механики, виды нелинейности, особенности нелинейной работы конструкций; принципы расчета строительных конструкций на заданные нагрузки с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейности; методы решения нелинейных задач расчета конструкций, в том числе расчета конструкций по предельным состояниям.</p> <p><b>умеет</b> ставить задачи расчета конструкций в нелинейной постановке; выбирать расчетные схемы и рациональные методы решения нелинейных задач строительной механики; определять несущую способность конструкций, оценивать ее надежность.</p> <p><b>владеет</b> составления расчетных схем на основе схематизации работы реальной конструкции в нелинейной постановке; расчета строительных конструкций по предельному состоянию; определения несущей способности и надежности строительных конструкций.</p>
--	---	---

<p>ПК-1 Способен организовывать процесс выполнения и контроля проектных работ, проведения согласования, экспертизы и сдачи документации техническому заказчику</p>	<p>ПК-1.8 Применяет методы математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования, методы постановки и проведения экспериментов по заданным методикам</p>	<p><b>знает</b> основные принципы построения математических моделей применительно к нелинейным задачам строительной механики; прикладное программное обеспечения для расчета строительных конструкций в нелинейной постановке; методы постановки задач и проведения исследований нелинейно деформируемых систем.</p> <p><b>умеет</b> составлять математические модели для расчета строительных конструкций в нелинейной постановке; использовать прикладное программное обеспечение для решения нелинейных задач расчета конструкций и сооружений; самостоятельно ставить задачи исследования в области расчета конструкций и их элементов в нелинейной постановке.</p> <p><b>владеет</b> составления математических моделей нелинейно деформируемых систем, анализа и исследования этих моделей; подготовки и ввода исходных данных, задания расчетных схем, проведения расчетов, просмотра и вывода результатов; проведения исследований напряженно-деформированного состояния конструкций здания и сооружений с учетом их нелинейной работы.</p>
--	--	---

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.05 основной профессиональной образовательной программы 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Строительная механика	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6
2	Высшая математика	УК-1.5, УК-1.6, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.8, ОПК-11.4
3	Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3
4	Информационные технологии	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3
5	Строительные материалы. Часть 1	ОПК-3.4, ОПК-3.12

6	Компьютерная графика	ОПК-2.2, ОПК-4.6, ОПК-6.6
7	Инженерная графика	ОПК-3.7, ОПК-4.6

#### Методы расчетного анализа

знать современные программные комплексы для расчета строительных конструкций;  
знать методы расчета несущих конструкций зданий и сооружений;  
уметь составлять компьютерные модели для расчета конструкций;  
использовать прикладное программное обеспечение для расчета конструкций и сооружений;  
владеть навыками подготовки и ввода исходных данных, задания расчетных схем, проведения расчетов, просмотра и вывода результатов.

#### Строительная механика

знать основные положения и принципы строительной механики;  
знать методы расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;  
уметь выбирать расчетные схемы и рациональные методы расчета строительных конструкций;  
владеть навыками составления расчетных схем, их анализа;  
владеть навыками проектирования конструкций, связанных с выбором расчетной схемы, расчетом внутренних усилий и перемещений, анализом и оценкой полученных результатов.

#### Высшая математика

знать фундаментальные основы высшей математики, линейной алгебры, математического анализа;  
знать методы решения дифференциальных уравнений и систем линейных алгебраических уравнений;  
владеть навыками решения систем линейных алгебраических уравнений, дифференциального и интегрального исчисления.

#### Сопrotивление материалов. Основы теории упругости и пластичности

знать принципы и методы расчета отдельных элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;  
знать основные положения, принципы и методы решения задач теории упругости и пластичности;  
уметь определять усилия и деформации от внешних воздействий в простых расчетных схемах;  
владеть навыками использования методов сопротивления материалов и теории упругости при решении задач на прочность, жесткость и устойчивость.

#### Строительные материалы. Часть 1

знать основные свойства строительных материалов, используемых для несущих конструкций;  
уметь применять знания о свойствах материалов при выборе их физико-механических характеристик для расчета несущих конструкций зданий и сооружений.  
владеть основами механических испытаний элементов конструкций.

#### Информационные технологии

знать основные понятия информатики, современные средства вычислительной техники;  
уметь решать системы линейных алгебраических уравнений с применением программно-вычислительных средств;  
владеть навыками решения инженерных задач с помощью прикладных программ.

#### Компьютерная графика

владеть навыками использования компьютерной техники при выполнении графических и оформительских работ.

#### Инженерная графика

знать правила выполнения чертежей и графиков;  
уметь строить расчетные схемы, эпюры и графики.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Основы научных исследований	
2	Научно-исследовательская работа	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3
3	Спецкурс по проектированию оснований и фундаментов	

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			9
<b>Контактная работа</b>	48		48
Лекционные занятия (Лек)	32	0	32
Практические занятия (Пр)	16	0	16
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	1,05		1,05
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	8,75		8,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	86,2		86,2
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	144		144
<b>зачетные единицы:</b>	4		4

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Основные понятия нелинейной строительной механики										
1.1.	Общие сведения о нелинейных задачах расчета конструкций	9	2					4	6	ПК-1.6	
1.2.	Неупругие и нелинейно упругие системы	9	4		2			6,2	12,2	ПК-1.6, ПК-1.8	

2.	2 раздел. Приближенные методы решения нелинейных задач										
2.1.	Методы последовательных приближений	9	2		1				4	7	ПК-1.8
2.2.	Методы последовательных нагружений	9	2		1				4	7	ПК-1.8
3.	3 раздел. Упругопластический расчет конструкций										
3.1.	Основы расчета конструкций по предельному состоянию	9	4		2				12	18	ПК-1.6
3.2.	Расчет несущей способности конструкций, работающих на изгиб	9	8		6				34	48	ПК-1.6, ПК-1.8
4.	4 раздел. Учет геометрической нелинейности в расчетах конструкций										
4.1.	Расчет стержневых систем по деформированному состоянию	9	2						4	6	ПК-1.6
4.2.	Приближенные методы расчета по деформированному состоянию	9	4		2				10	16	ПК-1.6, ПК-1.8
5.	5 раздел. Конструктивная нелинейность. Односторонние связи										
5.1.	Основы расчета систем с односторонними связями	9	2						4	6	ПК-1.6
5.2.	Решение конструктивно-нелинейных задач пошаговым методом	9	2		2				4	8	ПК-1.6, ПК-1.8
6.	6 раздел. Иная контактная работа										
6.1.	Иная контактная работа	9								1,05	ПК-1.6, ПК-1.8
7.	7 раздел. Контроль										
7.1.	Зачет с оценкой	9								8,75	ПК-1.6, ПК-1.8

#### 5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Общие сведения о нелинейных задачах расчета конструкций	Общие сведения о нелинейных задачах расчета конструкций Основные задачи теории расчета конструкций. Виды нелинейности и типы нелинейных задач. Классификация нелинейных задач
2	Неупругие и нелинейно упругие системы	Неупругие и нелинейно упругие системы. Расчет нелинейно упругих стержневых систем Основные соотношения для нелинейно упругого материала. Аппроксимация зависимостей между напряжениями и деформациями. Примеры нелинейно упругих стержневых систем. Учет физической нелинейности при расчете конструкций методом



		конечных элементов.
3	Методы последовательных приближений	Методы последовательных приближений Метод переменных жесткостей. Метод упругих решений. Метод Ньютона-Рафсона.
4	Методы последовательных нагружений	Методы последовательных нагружений Метод шагового нагружения. Метод самокорректирующихся начальных значений.
5	Основы расчета конструкций по предельному состоянию	Метод предельного равновесия Понятие о предельном состоянии конструкции. Прямой метод расчета упругопластических систем. Кинематический и статический методы. Определение предельной нагрузки как задача поиска экстремума.
6	Расчет несущей способности конструкций, работающих на изгиб	Упругопластический расчет конструкций, работающих на изгиб Понятие пластического шарнира. Предельное равновесие многопролетных неразрезных балок. Особенности расчета по предельному равновесию рам и арок. Предельное состояние изгибаемых плит. Пример определения несущей способности стальной рамы.
7	Расчет стержневых систем по деформированному состоянию	Расчет стержневых систем по деформированному состоянию Особенности расчета по деформированному состоянию. Точный расчет стержневых систем по деформированному состоянию.
8	Приближенные методы расчета по деформированному состоянию	Деформационный расчет систем приближенными методами Применение методов последовательных приближений и шагового нагружения для расчета конструкций по деформированному состоянию. Учет геометрической нелинейности при расчете конструкций методом конечных элементов.
9	Основы расчета систем с односторонними связями	Основы расчета систем с односторонними связями Общие сведения и особенности расчета систем с односторонними связями.
10	Решение конструктивно-нелинейных задач пошаговым методом	Решение конструктивно-нелинейных задач приближенными методами Метод пошагового анализа. Особенности расчета систем с идеальными и неидеальными односторонними связями.

## 5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
2	Неупругие и нелинейно упругие системы	Расчет нелинейно упругой стержневой системы Примеры расчета нелинейно упругих стержневых систем.
3	Методы последовательных приближений	Расчет нелинейно упругой системы методом переменных жесткостей Составление и решение системы нелинейных алгебраических уравнений методом переменных жесткостей
4	Методы последовательных нагружений	Расчет нелинейно упругой системы шаговым методом Составление и решение системы нелинейных алгебраических уравнений методом шагового нагружения.
5	Основы расчета конструкций по предельному состоянию	Расчет шарнирно-стержневых систем по предельному состоянию Прямой, статический и кинематический методы расчета по предельному состоянию.

6	Расчет несущей способности конструкций, работающих на изгиб	Расчет плоских рам по предельному состоянию Применение прямого, статического и кинематического метода для расчета рам по предельному состоянию.
8	Приближенные методы расчета по деформированному состоянию	Расчет рамы по деформированному состоянию Приближенный расчет по деформированному состоянию итерационными и шаговыми методами.
10	Решение конструктивно-нелинейных задач пошаговым методом	Расчет систем с идеальными и неидеальными односторонними связями Применение итерационных и шаговых методов к расчету систем с идеальными и неидеальными односторонними связями.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Общие сведения о нелинейных задачах расчета конструкций	Основные понятия и определения. Виды нелинейности и типы нелинейных задач. Изучение теоретического материала по теме.
2	Неупругие и нелинейно упругие системы	Расчет стержневой системы из нелинейно упругого материала Составление расчетных схем и разрешающих уравнений для расчета нелинейно упругих стержневых систем. Изучение теоретического материала по теме.
3	Методы последовательных приближений	Расчет нелинейно упругой системы методом переменных жесткостей Составление и решение системы нелинейных алгебраических уравнений методом переменных жесткостей. Изучение теоретического материала по теме.
4	Методы последовательных нагружений	Расчет нелинейно упругой системы шаговым методом Составление и решение системы нелинейных алгебраических уравнений методом шагового нагружения. Изучение теоретического материала по теме.
5	Основы расчета конструкций по предельному состоянию	Расчет шарнирно-стержневых систем по предельному состоянию Прямой, статический и кинематический методы расчета по предельному состоянию. Изучение теоретического материала по теме. Изучение теоретического материала по теме.
6	Расчет несущей способности конструкций, работающих на изгиб	Выполнение контрольной работы «Расчет конструкции с учетом упругопластической работы материала» Определение предельного состояния стальной рамы прямым пошаговым методом с использованием программы расчета на ЭВМ. Проверка правильность определения предельной нагрузки с помощью статического и кинематического методов. Изучение теоретического материала по теме.
7	Расчет стержневых систем по деформированному состоянию	Расчет стержневых систем по деформированному состоянию. Особенности расчета по деформированному состоянию. Точный расчет стержневых систем по деформированному состоянию. Изучение теоретического материала по теме.
8	Приближенные методы расчета по деформированному состоянию	Расчет рамы по деформированному состоянию Приближенный расчет по деформированному состоянию итерационными и шаговыми методами. Изучение теоретического материала по теме.
9	Основы расчета систем с односторонними	Расчет систем с односторонними связями Общие сведения и особенности расчета систем с односторонними

	связями	связями. Изучение теоретического материала по теме.
10	Решение конструктивно-нелинейных задач пошаговым методом	Расчет систем с идеальными и неидеальными односторонними связями Применение итерационных и шаговых методов к расчету систем с идеальными и неидеальными односторонними связями. Изучение теоретического материала по теме.

## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к выполнению контрольных заданий;
- подготовка к выполнению контрольной работы;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий, так как пропуск одного (тем более нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется выполнением контрольных работ по темам дисциплины согласно РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- выполнить контрольные задания в рамках изучаемой темы;
- выполнить контрольные работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является зачет.

Зачет проставляется по результатам выполнения контрольных заданий, контрольных работ и устного собеседования.

Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Общие сведения о нелинейных задачах расчета конструкций	ПК-1.6	Устный опрос, решение задач
2	Неупругие и нелинейно упругие системы	ПК-1.6, ПК-1.8	Устный опрос, решение задач
3	Методы последовательных приближений	ПК-1.8	Устный опрос, решение задач
4	Методы последовательных нагружений	ПК-1.8	Устный опрос, решение задач

5	Основы расчета конструкций по предельному состоянию	ПК-1.6	Устный опрос, решение задач
6	Расчет несущей способности конструкций, работающих на изгиб	ПК-1.6, ПК-1.8	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 1
7	Расчет стержневых систем по деформированному состоянию	ПК-1.6	Устный опрос, решение задач
8	Приближенные методы расчета по деформированному состоянию	ПК-1.6, ПК-1.8	Устный опрос, решение задач
9	Основы расчета систем с односторонними связями	ПК-1.6	Устный опрос, решение задач
10	Решение конструктивно-нелинейных задач пошаговым методом	ПК-1.6, ПК-1.8	Устный опрос, решение задач
11	Иная контактная работа	ПК-1.6, ПК-1.8	Устный опрос
12	Зачет с оценкой	ПК-1.6, ПК-1.8	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Контрольные задания для самостоятельной работы на практических занятиях (для проверки сформированности индикатора достижений компетенций: ПКС-1.4, ПКС-1.6)

1. Расчет нелинейно упругой стержневой системы.
2. Расчет плоских балок предельному состоянию.
3. Расчет плоских рам предельному состоянию.
4. Расчет рамы по деформированному состоянию.

Файлы с контрольными заданиями расположены в Приложениях:

"Контрольное задание № 1 по НЗСМ.pdf"; "Контрольные задание № 2, 3 по НЗСМ.pdf"; "Контрольное задание № 4 по НЗСМ.pdf".

Контрольная работа для самостоятельной работы

«Расчет конструкции с учетом упругопластической работы материала»

Файл с комплектом заданий для контрольной работы размещен в Приложениях: "Контрольная работа по НЗСМ.pdf"

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;</li> <li>- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;</li> <li>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;</li> <li>- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;</li> <li>- грамотно обосновывает ход решения задач;</li> <li>- безусловно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;</li> <li>- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</li> </ul>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;</li> <li>- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;</li> <li>- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;</li> <li>- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;</li> <li>- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;</li> <li>- обосновывает ход решения задач без затруднений</li> </ul>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень вопросов (для проверки сформированности индикаторов достижения компетенций:  
ПКС-1.4, ПКС-1.6)

1. Какие допущения лежат в основе линейной строительной механики?
2. Какие виды нелинейности учитываются при расчете конструкций?
3. Что такое физическая нелинейность, чем она обусловлена?
4. В каких случаях проявляется физическая нелинейность?
5. Что такое геометрическая нелинейность, чем она обусловлена?
6. В каких случаях проявляется геометрическая нелинейность?
7. Что такое конструктивная нелинейность, чем она обусловлена?
8. В каких случаях проявляется конструктивная нелинейность?
9. Перечислите основные постановки нелинейных задач.
10. Какие причины расчета конструкции в упругой стадии работы?
11. Каковы цели расчета конструкции в неупругой стадии работы?
12. Укажите основные отличия неупругой работы материала от упругой?
13. В чем отличие нелинейно-упругого материала от упругопластического?
14. Какой вид имеет диаграмма работы упругопластического материала?

15. Какой вид имеет диаграмма работы нелинейно-упругого материала?
16. Сформулируйте гипотезу о нелинейно-упругом материале.
17. Какая система называется нелинейно-упругой?
18. Что такое секущий модуль упругости, как он определяется?
19. В каком случае в расчетах используется касательный модуль упругости, чему он равен?
20. Что понимается под упругопластическим телом Прандтля?
21. Какой вид имеет зависимость Бюльфингера между напряжениями и деформациями?
22. Каковы достоинства и недостатки степенного закона Бюльфингера?
23. Какой вид имеет зависимость Герстнера между напряжениями и деформациями?
24. Каковы достоинства и недостатки параболической зависимости Герстнера?
25. Какой вид имеет кубическая зависимость между напряжениями и деформациями?
26. Назовите критерии выбора аппроксимирующих формул «напряжения–деформации»?
27. Какой вид имеет система разрешающих уравнений при расчете нелинейных систем?
28. Каким образом учитывается нелинейная зависимость «напряжения–деформации» в

МКЭ?

29. Какова общая идея методов последовательных приближений?
30. Назовите основные итерационные методы решения нелинейных задач.
31. Какова сущность и алгоритм метода переменных жесткостей?
32. Назовите достоинства и недостатки метода переменных жесткостей?
33. В чем состоит суть метода упругих решений? Приведите его алгоритм.
34. Каковы достоинства и недостатки метода упругих решений?
35. Что лежит в основе метода Ньютона-Рафсона? Запишите его алгоритм.
36. Укажите достоинства и недостатки метода Ньютона-Рафсона.
37. От чего зависит сходимость итерационных методов, как это проявляется?
38. Приведите формулу релаксации. Какие имеются схемы релаксации?
39. Какой критерий окончания итерационного процесса?
40. В чем сущность шаговых методов решения нелинейных задач?
41. Какова суть и алгоритм метода шагового нагружения?
42. В чем недостаток метода шагового нагружения, как его можно устранить?
43. От чего зависит устойчивость решения шаговыми методами?
44. Укажите общие преимущества шаговых методов расчета.
45. Укажите общие недостатки шаговых методов расчета.
46. Каковы сущность и цель упругопластического расчета?
47. Что понимается под несущей способностью конструкции?
48. Какие идеализированные диаграммы используются для учета пластических свойств?
49. Что собой представляет диаграмма Прандтля?
50. Какой расчет называется расчетом по предельному состоянию?
51. Какие имеются ограничения при расчете по предельному состоянию?
52. Что понимается под состоянием предельного равновесия системы?
53. Какая нагрузка называется предельной нагрузкой?
54. В чем заключается прямой метод расчета упругопластических систем?
55. Каковы плюсы и минусы использования прямого пошагового метода?
56. Суть кинематического метода расчета по предельному равновесию?
57. Из каких уравнений можно определить предельную нагрузку в кинематическом методе?
58. В чем суть статического метода расчета по предельному равновесию?
59. Что понимается под пластическим шарниром в изгибаемых системах?
60. Какая величина называется пластическим моментом сопротивления?
61. Каковы особенности возникновения пластических шарниров в балке?
62. На чем основан кинематический метод расчета балок и рам по предельному состоянию?
63. Что лежит в основе статического метода расчета балок и рам по предельному состоянию?
64. Что такое двухсторонняя оценка несущей способности конструкции?
65. Какой механизм разрушения называется полным?



66. Какой механизм разрушения называется избыточным?
67. Какой механизм разрушения называется частным?
68. Какие допущения принимают при упругопластическом расчете рам?
69. Как учитывается влияние продольных сил при расчете рам по предельному состоянию?
70. Каковы особенности упругопластического расчета арочных систем?
71. Что понимается под цилиндрическим шарниром в изгибаемых плитах?
72. Какой вид имеет эпюра прогибов для прямоугольной плиты в предельном состоянии?
73. Чему равна работа внутренних сил в предельном состоянии плиты?
74. Что понимается под предельным моментом в изгибаемых плитах?
75. Чему равен предельный изгибающий момент в железобетонной плите?
76. Запишите выражение работы внешней нагрузки в изгибаемой плите.
77. Чему равен параметр предельной нагрузки в изгибаемой плите?
78. Покажите форму разрушения шарнирно опертой прямоугольной плиты.
79. Чему равны предельные значения нагрузки для шарнирно опертой квадратной плиты?
80. Что понимается под расчетом конструкции по недеформируемой схеме?
81. Что называется расчетом по деформированному состоянию?
82. Каковы особенности расчета систем по деформированному состоянию?
83. В чем проявляется неточность линейного расчета в сравнении с деформационным?
84. В каких случаях расчет по недеформируемой схеме дает плохие результаты?
85. Что собой представляет точный расчет системы по деформированному состоянию?
86. В каких случаях возможен точный расчет системы по деформированному состоянию?
87. Какой первый пункт деформационного расчета методом последовательных приближений?
88. Какой второй пункт деформационного расчета методом последовательных приближений?
89. От чего зависит сходимость итерационного процесса при деформационном расчете?
90. Запишите алгоритм деформационного расчета методом итераций в матричной форме?
91. Приведите алгоритм деформационного расчета шаговым методом в матричной форме?
92. В чем особенность проведения деформационного расчета в методе конечных элементов?
93. Какого рода задачи относятся к конструктивно-нелинейным?
94. Какие связи называются односторонними связями?
95. Запишите граничные условия для идеальных односторонних связей.
96. Приведите граничные условия для односторонних связей с зазорами.
97. Запишите граничные условия для связей с трением Кулона.
98. В чем заключается основная задача расчета систем с односторонними связями?
99. Как называются итерационные алгоритмы расчета систем с односторонними связями?
100. В каких состояниях может находиться идеальная односторонняя связь?

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Тестовые задания (для проверки сформированности индикатора достижений компетенций: ПКС-1.4, ПКС-1.6)

Файл с тестовыми заданиями расположен в ЭИОС Moodle

#### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

#### 7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п.7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п.7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Зачет проводится в форме тестирования.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка	

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>-допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;</li> <li>-непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знания теоретического материала;</li> <li>-неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>-неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- знания теоретического материала</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;</li> <li>-правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>-полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,</li> <li>-логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</li> </ul>
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	--	---	---	--

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Лукашевич А. А., Нелинейные задачи строительной механики, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/74385.html">http://www.iprbookshop.ru/74385.html</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Ганджунцев М. И., А.А. Петраков, Нелинейные задачи строительной механики, Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/64535.html">http://www.iprbookshop.ru/64535.html</a>

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
"Теоретическая подготовка_ Нелинейные задачи строительной механики": электронный курс в системе Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2467">https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2467</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Образовательные интернет-ресурсы СПбГАСУ	<a href="https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/">https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/</a>
Российская государственная библиотека	<a href="http://www.rsl.ru">www.rsl.ru</a>
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	<a href="http://www.spbgasu.ru">www.spbgasu.ru</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г
Math Cad версия 15	Сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО"Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г. Лицензия бессрочная
Scad Office версия 21	SCAD Office договор №113 от 13.03.2015 с ООО "Автоматизация Проектных работ". Лицензия бессрочная

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения

<p>Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.</p>
<p>Компьютерный класс</p>	<p>Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.</p>
<p>Учебные аудитории для проведения лекционных занятий</p>	<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет</p>
<p>Помещения для самостоятельной работы</p>	<p>Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10</p>

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.